

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ АЗОТНОКИСЛЫХ ЭКСТРАКЦИОННЫХ РАФИНАТОВ

Павленко А.П.

Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: moroziknastia94@mail.ru

За время многолетней работы предприятий ядерного топливного цикла (ЯТЦ) накоплены и ежегодно образуются миллионы тонн низкоконцентрированных водно-солевых отходов низкой и средней активности (азотнокислые экстракционные рафинаты, аммиачно-хлоридные маточные растворы, аммиачные маточные растворы и др.). По действующей технологии эти отходы подвергают термообработке (выпаривание и прокалка) для уменьшения объема, а затем направляют на цементирование или битумизацию и далее на длительное хранение или захоронение. К недостаткам применяемых технологий следует отнести многостадийность, необходимость использования большого количества химических реагентов, значительные энерго- и трудозатраты. Снижение энергозатрат на термообработку таких отходов приведет к существенному удешевлению их утилизации.

Для обработки таких водно-солевых отходов (ВСО) перспективным является применение низкотемпературной плазмы. Однако плазменная обработка только ВСО потребует значительных энергозатрат (до 4 МВт·ч/т).

Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при совместной обработке горючих и негорючих отходов в воздушно-плазменном потоке в виде оптимальных по составу диспергированных водно-солеорганических композиций (ВСОК), обеспечивающих их энергоэффективную обработку.

В работе представлены результаты моделирования процесса плазменной обработки азотнокислых экстракционных рафинатов (АЭР), имеющих следующий характерный состав (г/л): HNO_3 – (180÷200); Al – (25÷30); Fe – (0,5÷4,0); Ni – (0,1÷1,0); Si – 0,5; F – (30÷38);), U – менее 0,002; H_2O – остальное.

На основе результатов расчетов показателей горючести модельных композиций («АЭР–ацетон», «АЭР–этанол» и др.), обладающих высокой взаимной растворимостью, определены составы ВСОК, имеющие низшую теплотворную способность ($Q_n^p \geq 8,4$ МДж/кг) и адиабатическую температуру горения ($T_{ад} \geq 1200$ °С) и обеспечивающие не только существенное снижение затрат энергозатрат на плазменную обработку СНР (до 0,1 МВт·ч/т), но дополнительное получение тепловой энергии для технологических и бытовых нужд (до 2,0 МВт·ч/т).

В результате термодинамических расчетов процесса плазменной обработки ВСОК установлены основные закономерности влияния исходного состава этих композиций и массовых долей воздушного плазменного теплоносителя на равновесные составы образующихся газообразных и твердых продуктов и определены режимы для практической реализации процесса, обеспечивающие экологически безопасную плазменную обработку отходов в воздушной плазме. Для расчётов использовалась лицензионная программа «TERRA».

С учетом полученных результатов проведены экспериментальные исследования процесса плазменной обработки модельных отходов на плазменном стенде «Плазменный модуль на базе высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13-01» (рабочая частота 13,56 МГц, колебательная мощность до 60 кВт), и экспериментально подтверждена возможность энергоэффективной плазменной обработки АЭР в воздушно-плазменном потоке в виде диспергированных горючих композиций.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии для энергоэффективной плазменной обработки различных радиационно-загрязненных водно-солевых отходов в виде горючих композиций, а также других жидких радиоактивных отходов создаваемого российского замкнутого ядерного топливного цикла.